J. Jpn. Bot. **87**: 41–50 (2012)

海産底生珪藻の形態と分類(4)，ダエンケイソウ属（フナガタケイソウ科，フナガタケイソウ目）

山岡未季[a]，鈴木秀和[a,]*，A. Witkowski[b]，南雲 保[c]，田中次郎[a]

[a] 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科　108-8477　東京都港区港南4-5-7
[b] Szczecin大学地球科学部古海洋学科　70-383　ポーランド
[c] 日本歯科大学生命歯学部　102-8159　東京都千代田区富士見1-9-20

Morphology and Taxonomy of Marine Benthic Diatoms (4), *Cocconeiopsis* (*Naviculaceae*, *Naviculales*)

Miki YAMAOKA[a], Hidekazu SUZUKI[a,] *, Andrzej WITKOWSKI[b], Tamotsu NAGUMO[c] and Jiro TANAKA[a]

[a]Graduate School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477 JAPAN;
[b]Department of Palaeoceanology, The Faculty of Geosciences, University of Szczecin
18, Mickiewicza, Szczecin, Zachodniopomorskie, 70-383 POLAND;
[c]Department of Biology, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo
1-9-20, Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8159 JAPAN
*Corresponding: hsuzuki@kaiyodai.ac.jp

(Accepted on August 29, 2011)

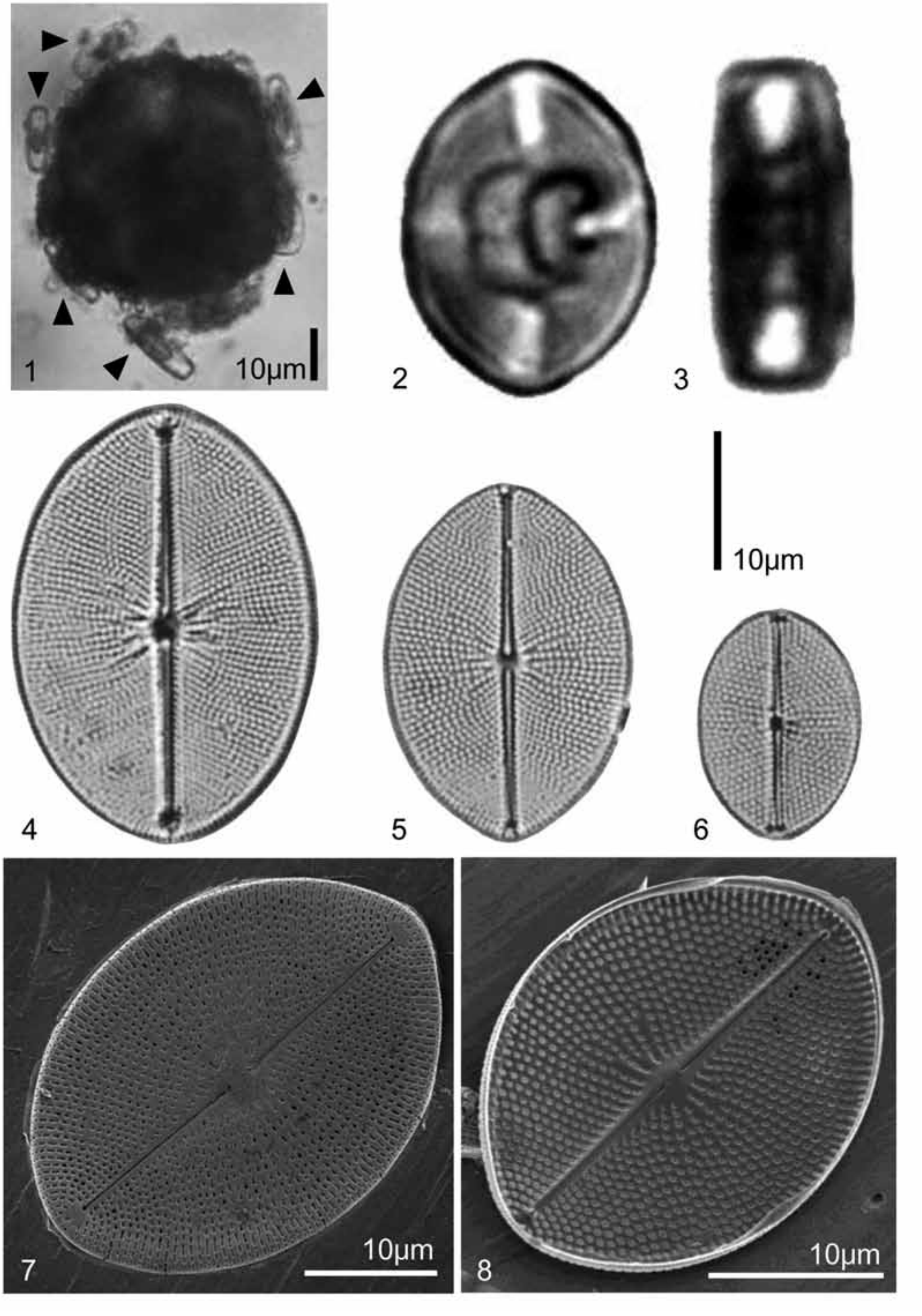
We successfully applied both light and electron microscopy in the study of the fine structures in two marine epipelic diatoms *Cocconeiopsis orthoneoides* and *C. kantsiensis*. Morphological comparison of these species was based on the features as follows; valve length to width ratio, length of linear perforations around hymens, and the number of monoseriate areolae on the bands. Valve length to width ratio was 3:2 in *C. orthoneoides*, with short perforations around hymens and two monoseriate areolae on the bands. Valve length to width ratio was 5:2 in *C. kantsiensis*, with linear perforations around hymens and only one monoseriate areola on the bands.

(Continued from J. Jpn. Bot. **86**: 350–355, 2011)

Key words: *Cocconeiopsis*, *Cocconeiopsis kantsiensis*, *Cocconeiopsis orthoneoides*, marine benthic diatom, morphology.

本誌86巻6号355–355頁に継続し，海産底生珪藻類の形態学的および分類学的研究の一環として，ダエンケイソウ属*Cocconeiopsis*について報告する．

ダエンケイソウ属はWitkowski et al. (2000)により，フナガタケイソウ属*Navicula*から新しく組合わされた羽状類双縦溝珪藻で，フナガタケイソウ目*Naviculales*，フナガタケイソウ科*Naviculaceae*に属する．Witkowski et al. (2000)は属のタイプ種を*Cocconeiopsis orthoneoides* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltinとし，形態学的特徴を以下に定めた．(i) 被殻



Figs. 1–8. *Cocconeiopsis orthoneoides*. Figs. 1–6. LM. Fig. 1. Living cells (arrowheads) attached to a sand grain. Figs. 2, 3. Living cells. Fig. 2. Valve view. Fig. 3. Girdle view. Figs. 4–6. Valve views. Figs. 7, 8. SEM. Fig. 7. External view of a whole valve. Fig. 8. Internal view of a whole valve.

(frustule) は線形から楕円形．(ii) 殻面 (valve face) は平たく，殻套 (valve mantle) の幅は狭い．(iii) 縦溝 (raphe) は糸のように細く，直線状．殻の内側では，盛り上がった縦溝中肋 (raphe sternum) にある．(iv) 縦溝の外中心末端 (external central ending) は広がり，外極末端 (external polar ending) は球根状で，殻端から少し離れたところで終わる．(v) 条線 (stria) は胞紋 (areola) からなる．(vi) 胞紋は，外部からは篩板 (velum) で覆われ，内部からは薄皮 (hymen) で塞がれる．これまでにダエンケイソウ属には，*C. breviata* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. fraudulenta* (A. Schmidt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. girondica* (König) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. kantsiensis* (Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. patrickae* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. pseudoorthoneoides* (Foged) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. pullus* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. regularis* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *C. wrightii* (O'Meara) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin などが記載されているが，形態学的研究は Sterrenburg and Sterrenburg (1991) と Riaux-Gobin and Compère (2004) のみで，殻面の観察に留まっている．本研究ではこれまで本邦の出現報告がなかった．*C. orthoneoides* と *C. kantsiensis* に同定される 2 種を得た．これらの被殻の微細構造と葉緑体の形態について新知見を得たので，ここに報告する．

材料と方法

本研究で用いた試料は，次の 10 個の標本から得られた．

C. orthoneoides 標本番号 MTUF-AL-HS-0661：沖縄県久米島奥武島で 2006 年 5 月 10 日採集（鈴木秀和）．標本番号 MTUF-AL-HS-0842：沖縄県石垣島米原ビーチで 2007 年 5 月 8 日採集（鈴木秀和）．標本番号 MTUF-AL-MY0078：沖縄県西表島南風見田の浜で 2010 年 3 月 3 日採集（鈴木秀和）．標本番号 MTUF-AL-YM0168：鹿児島県屋久島栗生海岸で 2011 年 6 月 14 日採集（三瓶ゆりか）．

C. kantsiensis 標本番号 MTUF-AL-HS-0651：千葉県館山市坂田で 2006 年 4 月 4 日採集（鈴木秀和）．標本番号 MTUF-AL-HS-0711：千葉県館山市坂田で 2006 年 5 月 28 日採集（鈴木秀和）．標本番号 MTUF-AL-MY-0010，MY0034：千葉県館山市坂田で 2008 年 6 月 20 日採集（山岡未季）．標本番号 MTUF-AL-MY0050：千葉県館山市坂田で 2008 年 6 月 21 日採集（山岡未季）．標本番号 MTUF-AL-MY0077：神奈川県横須賀市荒崎で 2008 年 9 月 2 日採集（三石恭子）．標本番号 MTUF-AL-MY0066：千葉県館山市坂田で 2009 年 10 月 4 日採集（山岡未季）．

採集した試料はサンプル瓶に入れて実験室に持ち帰り，光学顕微鏡 (LM) で生細胞の付着の様子や滑走運動，葉緑体の形態を観察した後，25% グルタルアルデヒド溶液で固定した．これらの試料はすべて東京海洋大学水産資料館に保管した．

珪藻試料は定法（南雲 1995，長田・南雲 2001）に従って処理した後，LM および走査型電子顕微鏡 (SEM: HITACHI-S-4000 と S-5000) で観察した．本稿で用いた珪藻の形態に関する術語は小林ほか (2006) に準拠した．

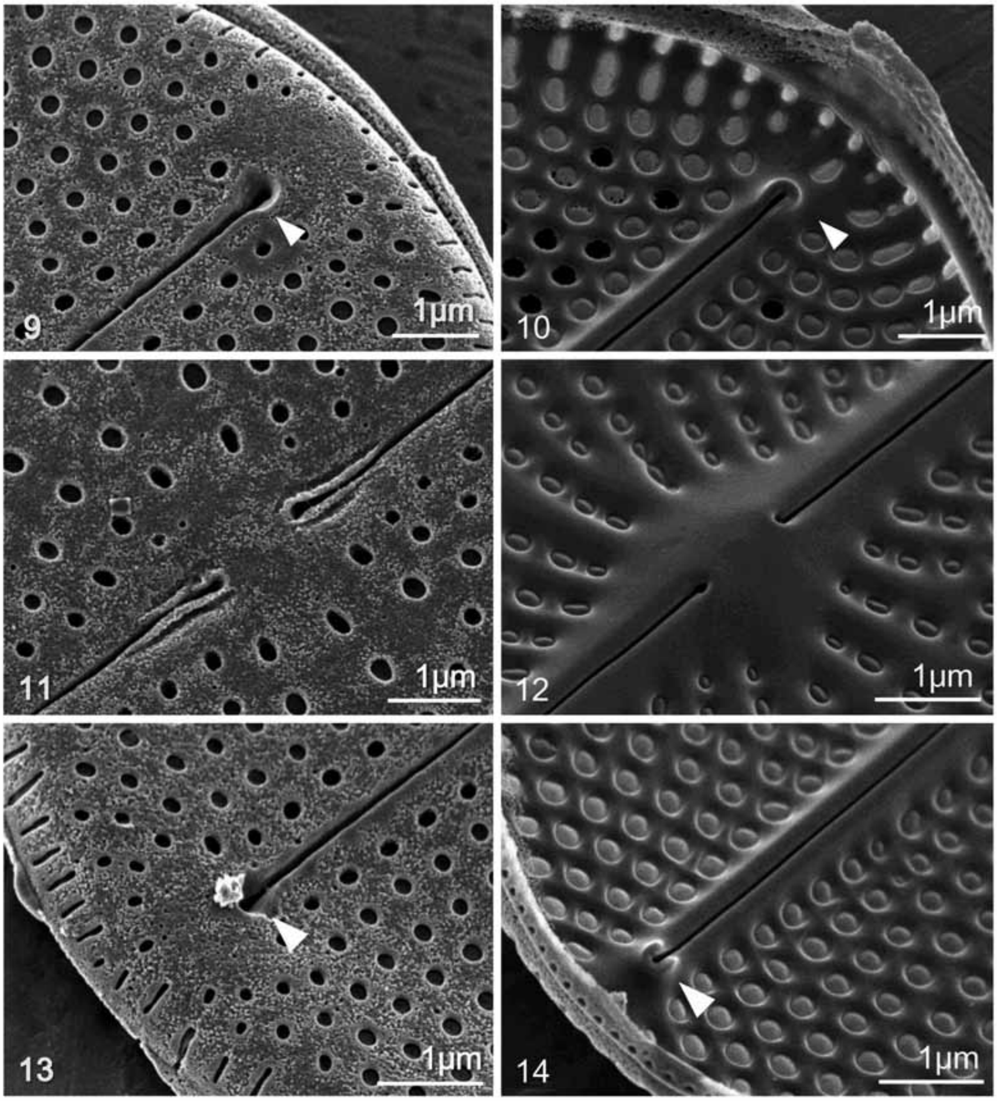
結果および考察

1) ***Cocconeiopsis orthoneoides*** (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, Icon. Diat.: 174, pl. 67, figs.1– 2. pl. 68, fig. 1 (2000).
Basionym: *Navicula orthoneoides* Hustedt in Duke Univ. Mar. Stat. Bull. **6**: 31, pl. 7, fig. 14 (1955).

本種は Hustedt (1955) により，アメリカ・ノースカロライナ州・ビューフォート海岸の泥から *Navicula orthoneoides* の名で新種記載された．その後 Witkowski et al. (2000) により *Cocconeiopsis* のタイプ種として組合せられ現在に至る．本種の記載記録は基準産地のほか，アフリカのインド洋やタイ沿岸など暖かい海域に広く生育することが知られている (Witkowski et al. 2000) が，本邦では本報告が初記載である．Witkowski et al. (2000) は SEM 観察を行ったが，殻面の構造の簡単な記載に留まっていた．本研究では本種の胞紋，縦溝，帯片 (band) の微細構造を初めて明らかにした．

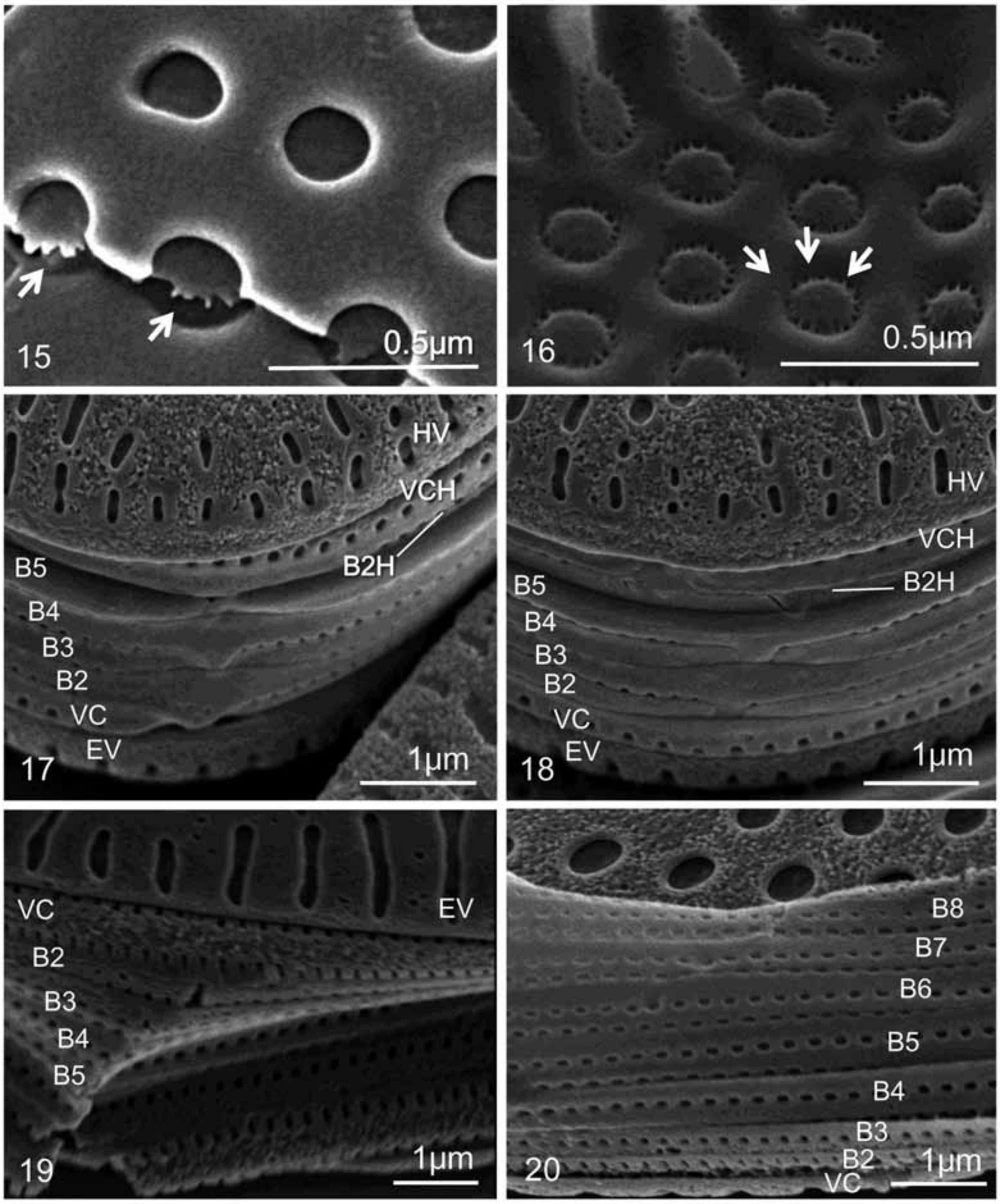
本種は単独で，砂粒に付着 (Fig. 1)，あるいは滑走運動して生活する (epipelic)．特に淡水がわずかに流れ込む砂浜では多量に増殖し砂上が茶色を呈することもある．

LM 観察：殻面観の殻形は幅の広い楕円形で，



Figs. 9–14. *Cocconeiopsis orthoneoides*. SEM. Figs. 9, 11, 13. External views of valve. Figs. 9, 13. Apical areas. Arrowheads show pore-like terminal fissures. Fig. 11. Central area. Figs. 10, 12, 14. Internal views of valves. Figs. 10, 14. Apical areas. Arrowheads show diminutive helictoglossae. Fig. 12. Central area.

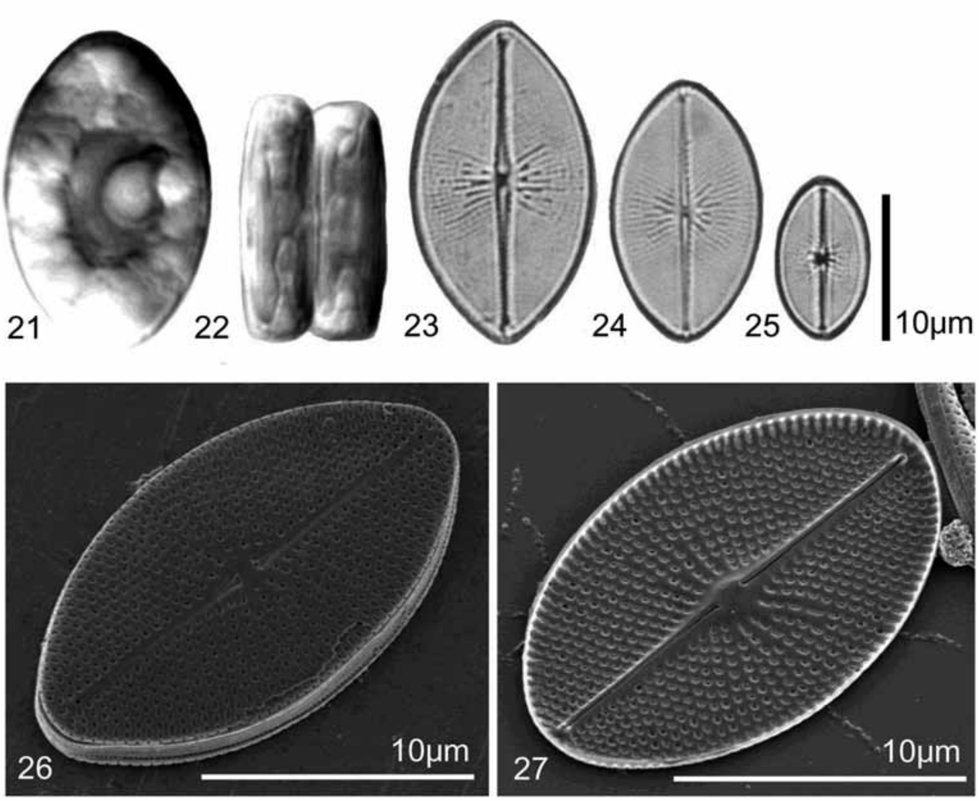
殻端は丸みを帯びる(Figs. 2, 4–6). 葉緑体は1個, 細胞の中心から両殻面に沿って四方に板状に広がる(Fig. 2). そのため帯面観ではH字形を呈する(Fig. 3). 殻長(valve length)は20.5–37.5 mm, 殻幅(valve width)は11.5–26.5 mm. 殻長：殻幅＝3：2 (n=100). この比の値はSterrenburg and Sterrenburg (1991)の記載と一致した. 条線密度は10 μmあたり16–20本. 放射状あるいは短軸方向に水平に並ぶ. 各条線は1列の胞紋よりなる(Figs. 4–6). 胞紋密度は10 μmあたり16–21個. 軸域(axial area)は狭い線形で, 中心域(central area)はひし形から小円形を呈する. 縦溝は直線状. 原記載(Hustedt 1955)では殻長43 μm, 殻幅25 μm. タイプ試料のLM写真(Simonsen 1987)から著者らが計測した結果では殻長33–37.5 μm, 殻幅23.5–25 μm, 条線密度は18–20/10 μmあった. 本試料はこれらとほぼ一致する. 殻面の外形, 条線の密度と配列, 縦溝の形状も原記載や



Figs. 15–20. *Cocconeiopsis orthoneoides*. SEM. Figs. 15, 16. Areolae occluded by hymenes with short perforations (arrows). Fig. 15. External view. Fig. 16. Internal view. Figs. 17–20. Cingula. Figs. 17, 18. Both distal ends of a frustule showing the epicingulum composed of a valvocopula (VC) and four bands (B2–B5). Fig. 19. A valvocopula and four bands with biseriate areolae (B2–B5). Fig. 20. Detail of a valvocopula and seven bands (B2–B8). EV. Epivalve. HV. Hypovalve. VCH. Valvocopula of hypovalve. B2H. Second band of hypovalve.

タイプ試料とよく一致することから本種と同定した．ただし，Hustedt (1955) と Witkowski et al. (2000) は殻端から縦溝末端間の距離は離れるとしているが，これは本種の殻が薄く，プレパラート作製時に殻が広げられて，そのように見えた (Sterrenburg and Sterrenburg 1991) のであり，分類形質としては曖昧だと思われる．

SEM 観察：殻面は平ら (Fig. 7)．殻套は狭



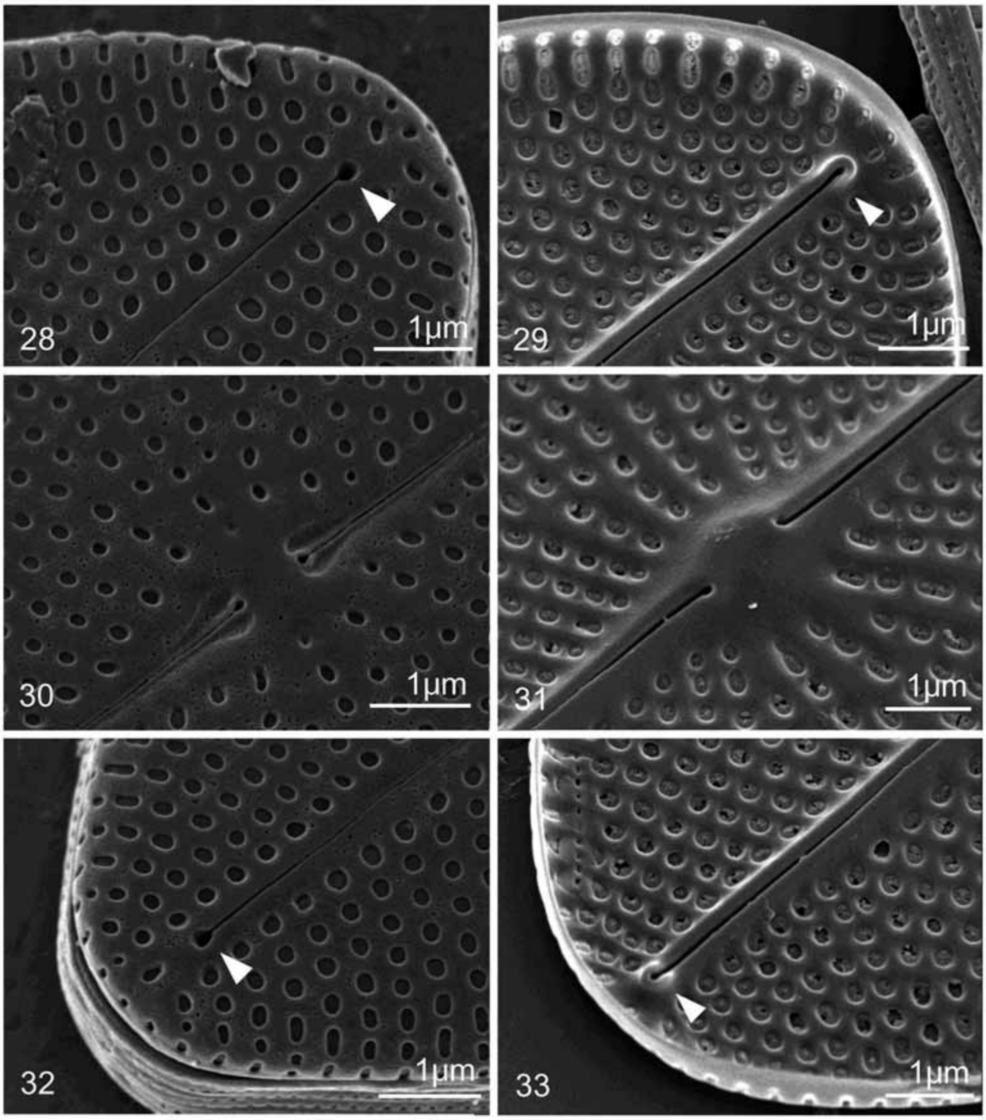
Figs. 21–27. *Cocconeiopsis kantsiensis*. Figs. 21–25. LM. Figs. 21, 22. Living cells. Fig. 21. Valve view. Fig. 22. Girdle view of two cells. Figs. 23–25. Valve views. Figs. 26, 27. SEM. Fig. 26. External view of a whole valve. Fig. 27. Internal view of a whole valve.

く，殻肩は不明瞭 (Figs. 9, 13). 縦溝は殻内面に肥厚した中肋にあり (Fig. 8), 極末端は外面観では円形（Figs. 9, 13, 矢尻），内面観では蝸牛舌 (helictoglossa) 状に終わる (Figs. 10, 14, 矢尻). 中心末端は，外面観では同軸上に小孔で終わり，その周りに溝をもつものもある (Fig. 11). 内面観では反対方向に少し反れて終わる (Fig. 12). 中心域の内面は少し肥厚し盛り上がる (Fig. 12). 胞紋は殻面の中心域の周りでは楕円形 (Figs. 11, 12) で，他は円形 (Fig. 14). 殻套ではスリット状で (Fig. 13)，薄皮により閉塞される (Fig. 15). 薄皮はその縁に短いスリット状の穿孔をもつ (Figs. 15, 16). 一般的に珪藻の胞紋は薄皮か篩板で閉塞されることが知られている (Mann 1981). Witkowski et al. (2000) は本属はその両方をもつとしたが，本研究では篩板は観察されなかった. 半殻帯 (cingulum) は 7–9 枚の帯片からなり，全て片端開放型で，両極において開放端と閉鎖端が交互に配置する (Figs. 17, 18). これらの帯片は微細構造を基に次の 2 タイプに区別できる.

タイプ 1：接殻帯片 (valvocopula). 殻に比べ薄い. 帯片表出部 (pars exterior) の中央に円形の胞紋が 2 列並び，縫合 (suturae) は明瞭. 帯片内接部 (pars interior) は滑らかで鋸歯状突起等はない (Fig. 19).

タイプ 2：第 2 帯片. 各帯片は接殻帯片同様薄く，1 つの殻に 5–7 枚ある. 幅は接殻帯片とほぼ同じ. 帯片表出部または縫合部に，接殻帯片のものよりも小さい円形の胞紋が 2 列並ぶ (Fig. 20). 帯片内接部は滑らかで突起等はないが，開放部分の反対極にわずかに突出する小舌 (ligula) をもち，各帯片の開放部を裏打ちしている.

2) ***Cocconeiopsis kantsiensis*** (Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, Icon. Diat.: 173, pl. 67, figs. 3–7. pl. 68, figs. 2–3 (2000).

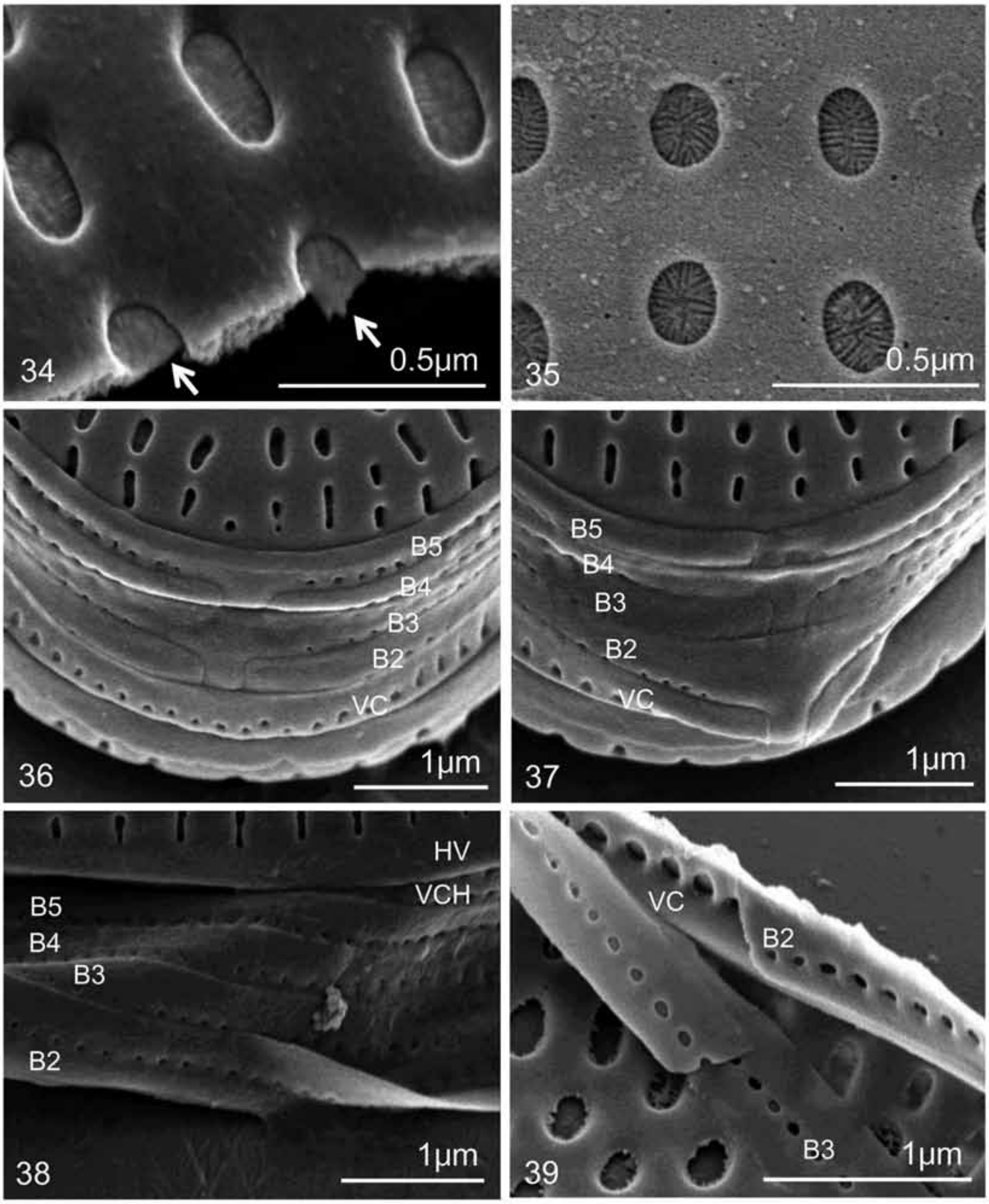


Figs. 28–33. *Cocconeiopsis kantsiensis*. SEM. Figs. 28, 30, 32. External views of valve. Figs. 28, 32. Apical areas. Arrowheads show pore-like terminal fissures. Fig. 30. Central area. Figs. 29, 31, 33. Internal views of valves. Figs. 29, 33. Apical areas. Arrowheads show diminutive helictoglossae. Fig. 31. Central area.

Basionym: *Navicula kantsiensis* Giffen in Nova Hedwigia **13**: 269, pl. 61. figs. 65–67 (1967).

本種はGiffen (1967)により，南アフリカ・東ケープ州・イーストロンドン近郊キッズビーチの河口近くのタイドプールから*Navicula kantsiensis*の名で新種記載された．その後Witkowski et al. (2000)により*Cocconeiopsis*に組合せられ現在に至る．本種の記載記録は少なく，基準産地とオマーン国沿岸からの報告があるのみで，前種の*C. orthoneoides*と同様，本邦ではこれが初記載である．Witkowski et al. (2000)はSEM観察を行ったが，殻面の構造の簡単な記載に留まっていた．本研究では本種の胞紋，縦溝，帯片の微細構造を初めて明らかにした．

本種は単独で，砂粒に付着，あるいは滑走運動して生活する．特に淡水がわずかに流れ込む砂浜



Figs. 34–39. *Cocconeiopsis kantsiensis*. SEM. Fig. 34. External cross-sectional view of areolae occluded by hymenes (arrows). Fig. 35. External views of areolae occluded by hymenes with liner perforations. Figs. 36–39. Cingula. Figs. 36, 37. Both distal ends of a frustule showing the epicingulum composed of a valvocopula (VC) and four bands (B2–B5). Fig. 38. Detail of four bands (B2–B5) with monoseriate areolae of epivalve and a valvocopula (VCH) of hypovalve (HV). Fig. 39. Detail of a valvocopula (VC) and two bands (B2, B3) with monoseriate areolae.

では多量に増殖し砂上が茶色を呈することもある．

LM観察：殻面観の殻形は幅の狭い楕円形で，殻端は嘴形，あるいは丸みを帯びる(Figs. 21, 23–25)．帯面観は幅の狭い長方形(Fig. 22)．葉緑体は1個，細胞の中心から両殻面に沿って四方に板状に広がる(Figs. 21, 22)．殻長は12.5–27.5 µm，殻幅は8.0–14.5 µm．殻長：殻幅 = 5 : 3 (n = 100)で*C. orthoneoides*とは異なった．条線密度は10 µmあたり18–20本で放射状に並ぶ(Figs. 23–25)．各条線は1列の胞紋よりなり，殻の中央部では短い列と長い列が交互に並ぶ．胞紋密度は10 µmあたり20–25個. 軸域は狭い線形で，中心域はひし形〜小円形．縦溝は直線状．原記載(Giffen 1967)とWitkowski et al. (2000)では，殻端から縦溝極末端間の距離が，*C. orthoneoides*同様，少し離れるとあるが，これは本種の殻が薄いためプレパラート作製時に殻が広げられ，そのように見えたと考えられる．本試料の殻長，殻幅，条線密度の値は，原記載（それぞれ17–30 µm，12–18 µm，20–24本/10 µm）よりも小さく，胞紋密度についてはやや多かった（18–20個/10 µm）が, これらの差は変異の範囲内と考えた．また殻面の外形，条線の配列，縦溝の形状も原記載(Giffen 1967)およびWitkowski et al. (2000)とよく一致することから本種と同定した．

SEM観察：殻面は平ら(Fig. 26)．殻套は狭く，殻肩は不明瞭(Figs. 28, 32)．縦溝は殻内面に肥厚した中肋にあり(Fig. 27)，極末端は外面観では雫形（Figs. 28, 32, 矢尻），内面観では蝸牛舌状に終わる(Figs. 29, 33, 矢尻)．中心末端は，外面観では同軸上に小孔で終わり，その周りに溝をもつものもある(Fig. 30)．内面観では反対方向に少し反れて終わる(Fig. 31)．中心域の内面は少し肥厚し盛り上がる(Fig. 31)．胞紋は殻面の中心と殻套では細長い楕円形で(Figs. 30–32)，他は円形．薄皮により閉塞される(Fig. 34)．薄皮は長いスリットの穿孔をもち，それらは中心配列をなす(Fig. 35)．*C. orthoneoides*と同様，本属にもつ(Witkowski et al. 2000)とされる篩板については観察されなかった．半殻帯は5–6枚の帯片からなり，全て片端開放型で，両極において開放端と閉鎖端が交互に配置する(Figs. 36, 37)．開放端の合わせ目は，殻の長軸に対しややずれる(Fig. 36)．これらの帯片は微細構造を基に次の2タイプに区別できる．

タイプ1：接殻帯片．殻に比べ薄い．帯片表出部の中央に円形の胞紋が1列並び(Fig. 39)，縫合は明瞭．帯片内接部は滑らかで鋸歯状突起等はない．

タイプ2：第2帯片：各帯片は接殻帯片同様薄く，1つの殻に3–4枚ある．幅は接殻帯片とほぼ同じ．帯片表出部または縫合部に，接殻帯片のものよりも小さい円形〜楕円形の胞紋が1列並ぶ(Figs. 38, 39)．帯片内接部は滑らかで突起等はないが，開放部分の反対極にわずかに突出する小舌をもち，各帯片の開放部を裏打ちしている．

*C. orthoneoides*と*C. kantsiensis*の被殻は形態学的に極めて類似している．しかし，以下の殻構造の相違により区別される．i) 殻面の殻形．殻長: 殻幅は*C. orthoneoides*は3 : 2，*C. kantsiensis*は5 : 3で，*C. orthoneoides*の方が幅広い楕円形である．ii) 薄皮の穿孔の長さ．*C. orthoneoides*は*C. kantsiensis*に比べて，短く胞紋の縁のみに観察される．iii) 帯片の胞紋列数．*C. orthoneoides*は2列，*C. kantsiensis*は1列．

両者はともに淡水がわずかに流れ込む海岸の砂地上に繁茂して生育するが，生育が確認された場所は，本邦では*C. orthoneoides*は南西諸島沿岸，*C. kantsiensis*は本州中部太平洋沿岸であったことから，水温の異なる水域に生育すると考えられる．

本研究を遂行するに当たり，貴重な試料をご提供下さった東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科の三石恭子氏と三瓶ゆりか氏に深く感謝の意を表する．なお，本研究の一部は文部科学省特別経費「大学の特性を生かした多様な学術研究機能の充実・海洋生物多様性に関する高精度モニタリングと影響評価」と農林水産省プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」の助成を受けたものである．記して感謝の意を表する．

摘要

海産珪藻*Cocconeiopsis orthoneoides* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltinおよび*C. kantsiensis* (Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltinの殻形態を光学および電子顕微鏡により観察し，胞紋，縦溝および帯片の微細構造を初めて明らかにした．両種は以下の点により区別される．i) 殻長:殻幅の比．*C. orthoneoides*は3:2,

C. kantsiensis は 5:2. ii) 胞紋の穿孔の長さ．前者よりも後者の方が長い．iii) 中間帯片の胞紋列数．前者は1列，後者は2列．また，前者は南西諸島沿岸，後者は本州中部太平洋沿岸で観察されたため，両者は水温の異なる水域に生育すると考えられる．

引用文献

Giffen H. M. 1967. Contributions to the diatom flora of South Africa III. Diatoms of the marine littoral regions at Kidd's Beach near East London, Cape Province, South Africa. Nova Hedwigia **13**: 245–292.

Hustedt F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. Bulletin, Duke University Marine Station **6**: 1–67.

小林 弘，出井雅彦，真山茂樹，南雲 保，長田敬五 2006．小林弘珪藻図鑑第1巻．531 pp. 内田老鶴圃，東京．

Mann D. G. 1981. Sieves and flaps: siliceous minutiae in the pores of raphid diatoms. *In*: Ross R. (ed.), Proceedings of the Sixth Symposium on Recent and Fossil Diatoms. pp. 279–300. Otto Koeltz, Koenigstein.

南雲 保 1995．簡単で安全な珪藻被殻の洗浄法．Diatom **10**: 88.

長田敬五，南雲 保 2001. 珪藻研究入門. 日本歯科大学紀要 (一般教育系) **30**: 131–141.

Riaux-Gobin C. and Compère P. 2004. Two marine cocconeid diatoms from Kerguelen's Land (Austral Ocean, Indian Sector): *Cavinula kerguelensis* nom. nov. and *Cocconeiopsis wrightii.* Diatom Res. **19**: 59–69.

Simonsen R. 1987. Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. Vol. 1: Catalogue. 525 pp. Vol. 3 Atlas, Taf. 396–772. J. Cramer, Berlin.

Sterrenburg F. A. S. and Sterrenburg F. J. G. 1991. Studies on a widely distributed marine littoral diatom: *Navicula orthoneoides* Hust. (*Bacillariophyceae*). Nova Hedwigia **52**: 411–417.

Witkowski A., Lange-Bertalot H. and Metzeltin D. 2000. Diatom flora marine coasts Iconographia Diatomologica **7**: 1–925.